



INVERSIÓN TECTÓNICA RECIENTE DE LA ZONA CENTRAL DE ALBORÁN

Recent tectonic inversion of the Central Alboran Zone

F. Estrada (1), J.T. Vázquez (2), G. Ercilla (1), B. Alonso (1), E. d'Acremont (3), C. Gorini (3), M. Gómez (4), M.C. Fernández-Puga (5), A. Ammar (6) y B. El Mounni (7)

(1) Grupo Márgenes Continentales (GMC), Institut de Ciències del Mar de Barcelona (ICM-CSIC), Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona, España. festrada@icm.csic.es; Gemma@icm.csic.es; belen@icm.csic.es.

(2) GMC, Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero s/n, Fuengirola, Málaga, España. juantomas.vazquez@ma.ieo.es.

(3) GMC, Université Pierre et Marie Curie-Paris 6 ISTEP, Francia. elia.dacremont@upmc.fr; christian.gorini@upmc.fr.

(4) Instituto Español de Oceanografía. Sede Central de Madrid, C/ Corazón de María 8, 28002, Madrid, España. maria.gomez@md.ieo.es.

(5) Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro. 11510 Puerto Real, España. mcarmen.fernandez@uca.es

(6) Université Mohammed V, Agdal Rabat, Marruecos. ammar@fsr.ac.ma.

(7) Abdelmalek Essaadi University, BP. 745 Route de Rabat, Larache, Marruecos. elmounni@fpl.ma

Resumen: La zona central de la Cuenca de Alborán se caracteriza por presentar los elementos fisiográficos más importantes de Alborán, como son las dorsales de Alborán y Adra que limitan la depresión del Canal de Alborán. Estos elementos morfoestructurales son el resultado de la convergencia de las placas Africana y Euroasiática. El análisis de datos batimétricos y de perfiles de sismica con diferentes grados de resolución, ha permitido establecer dos fases de deformación recientes: una de carácter transcurrente de salto normal y otra posterior compresiva que produce una inversión tectónica. Esta última fase sería el resultado de la colisión del Bloque tectónico de la Dorsal de Alborán con el de Adra al consumirse el espacio del curso medio del Canal de Alborán.

Palabras clave: Inversión tectónica, Cuenca de Alborán, Plio-Cuaternario.

Abstract: The central zone of the Alboran Basin is characterized by presenting the major physiographic elements, the Alboran and Adra Ridges and the Alboran Channel. These morphostructural elements result from the convergence of the african and eurasian plates. Two recent phases of deformation have been differentiated, one predominantly transcurrent with normal component and a subsequent compression that produced a tectonic inversion. The later phase results from the collision of the Alboran Ridge block against the Adra's one.

Key words: Tectonic inversion, Alboran Basin, Plio-Quaternary.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Alborán es una zona tectónicamente activa tal y como sugieren los terremotos recientes y las numerosas estructuras tectónicas, como fallas y pliegues que se observan en la superficie del fondo marino actual (Martínez-García et al., 2011). Algunas de ellas, como la falla de La Serrata, presentan un recorrido de más de 90 km, o como la Dorsal de Alborán de aproximadamente 105 km (Fig. 1). Es en la zona central de la Cuenca de Alborán donde se concentran el mayor número de estructuras tectónicas (Fig. 1), aunque la ocurrencia de terremotos es de baja frecuencia y en general de intensidad moderada (Martínez-García et al., 2011). A pesar de la importancia geológica de esta zona central para comprender la evolución tectónica reciente de la Cuenca de Alborán, pocos estudios le han prestado atención. En la presente comunicación se presentan varias estructuras tectónicas situadas al norte de la Dorsal de Alborán y se analiza su significado en el contexto de la dinámica tectónica de la zona central de la Cuenca de Alborán.

SITUACIÓN GEOLÓGICA

La configuración tectónica de la Cuenca de Alborán resulta de la convergencia entre las placas de África

y Eurasia, quedando el Dominio de Alborán atrapado entre ambas (Comas et al., 1999). La zona central del Mar de Alborán presenta los principales elementos morfoestructurales de la Cuenca de Alborán. La configuración de esta zona se caracteriza por una depresión central (Canal de Alborán) bordeada por dos altos de origen tectovolcánico, la Dorsal de Adra al norte y la de Alborán al sur (Fig. 1), siendo esta última el desnivel más importante de toda la cuenca, llegando a aflorar en la Isla de Alborán (1850 m). En conjunto estos elementos morfológicos presentan una dirección SO-NE, presentando el Canal de Alborán una longitud de 75 km y una anchura que varía entre 20 y 10 km, siendo la más estrecha la zona central. La configuración actual de estos elementos morfoestructurales es el resultado de una activa tectónica Plio-Cuaternaria (Estrada et al., 1997; Martínez-García et al., 2011; Martínez-García et al., 2013) que se inició con la inversión tectónica de la Cuenca de Alborán a finales del Tortonense (Bourgeois et al., 1992; Woodside y Maldonado, 1992, entre otros).

DATOS

El presente estudio se ha realizado mediante el análisis de datos batimétricos de multihaz (SIMRAD

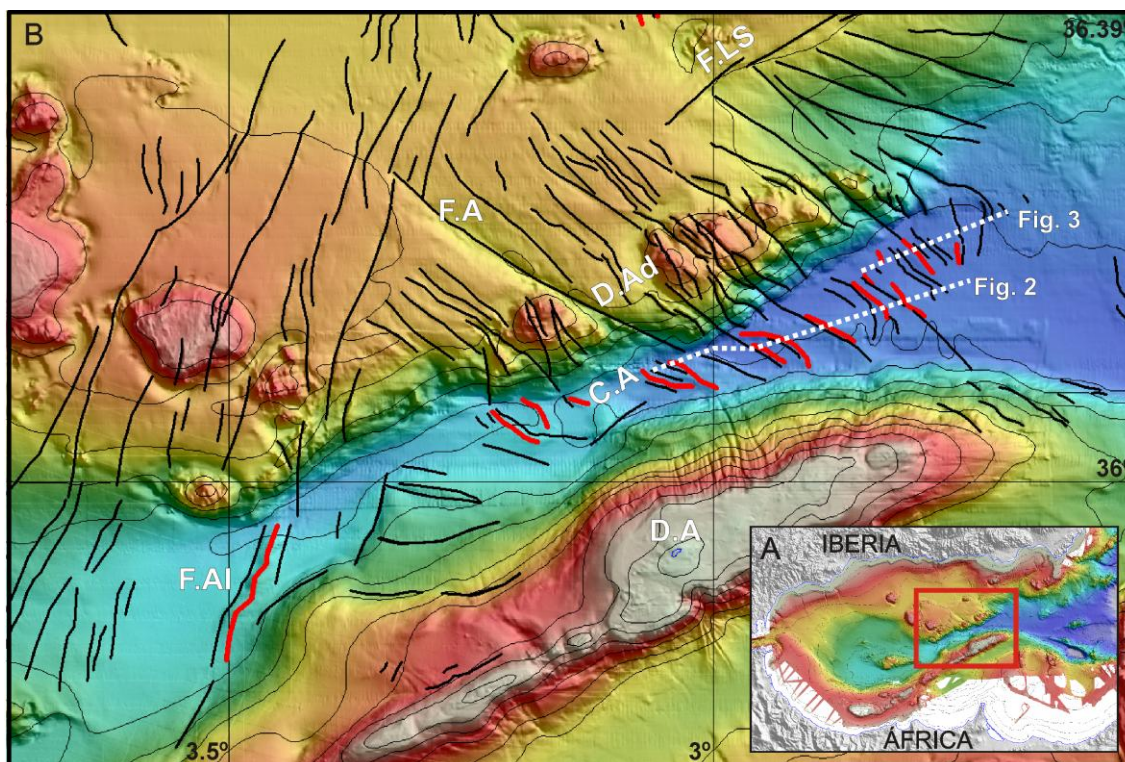


Figura 1: Mapa batimétrico de la zona central de la Cuenca de Alborán con la cartografía tectónica de las principales estructuras. A) Batimetría de la Cuenca de Alborán indicando la zona de estudio. B) fallas (negro) y pliegues (rojo) principales. Leyenda: F.LS falla de La Serrata; F.A falla de Averroes; F.AI falla de Al-Idrisi; D.A Dorsal de Alborán; D.Ad Dorsal de Adra y C.A Canal de Alborán.

Figure 1: Bathymetric map of the central Alborán Basin zone with the main tectonic structures, A) Alborán Basin bathymetry showing the studied area. B) main faults (black) and folds (red). Legend: F.LS Serrata fault; F.A Averroes fault; F.AI Al-Idrisi fault; D.A Alborán Ridge; D.Ad Adra Ridge and C.A Alborán Channel.

EM12, EM300 y ATLAS HYDROSEEP; datos de la Secretaría General del Mar, MAGRAMA; Campañas Montera, Marsibal y Sagasbis), de perfiles sísmicos de cañones de aire comprimido y de perfiles de sonda paramétrica de muy alta resolución TOPAS y Atlas Parasound que se han obtenido a lo largo de varias campañas oceanográficas (Conrad, Tyro, GC-90-1, He 91-36, Darwin, Mvseis, Marsibal, Sagas, Sagasbis, Marlboro, Montera).

RESULTADOS

El estudio detallado de la batimetría de la zona central de Alborán indica la existencia de varias lineaciones de dirección NO-SE en la superficie del fondo marino tanto en la dorsal de Adra como en el Canal de Alborán (Fig. 1). La mayoría de las fallas NO-SE presentan un salto normal que varía desde 557 ms (tiempo doble, td) hasta menos de 10 ms (td), con planos de falla subverticales y en algunos casos con vergencias opuestas en un mismo plano (Fig. 2). En la mayor parte de los casos el bloque de techo está hundido y se sitúa en el lado Este de la falla, sobre todo en la zona de influencia de los altos estructurales, aunque en algunos casos se sitúa en el lado Oeste coincidiendo con el desarrollo de grabens y en zonas con una potente cobertera plio-cuaternaria (Fig. 2). También se observan fallas asociadas a un abombamiento del basamento acústico que en algunos casos también afecta a la superficie del fondo marino (Fig. 2). Las fallas de dirección NO-SE que se observan tanto en el Canal de Alborán como en la Dorsal de Adra

aparentemente no presentan solución de continuidad, aunque es probable que se traten de las mismas estructuras cortando los dos dominios. Evidencias de ello se encuentran en la falla de Averroes que produce un escarpe de falla en la superficie actual del fondo marino, indicando claramente que esta falla continúa en el Canal de Alborán. Asimismo, la coincidencia en el trazado de las fallas en las dos zonas y su proximidad refuerza la idea de su continuidad lateral.

También se observan varios pliegues de dirección NO-SE que presentan un trazado curvo en el Canal de Alborán (Fig. 1). En esta zona, el fondo marino se caracteriza por una superficie ondulada relacionada con pliegues que en profundidad se entroncan con fallas (Fig. 2) que en algunos casos forman sucesiones de horsts y grabens que producen saltos de la superficie del fondo marino de hasta 13 m (Fig. 3). En el extremo Este del Canal de Alborán varios pliegues están asociados al abombamiento de la secuencia Plio-Cuaternaria, así como estructuras transpresivas que afectan también al basamento mioceno (Fig. 2). Localmente, en los depósitos basales del Plioceno junto con el Mioceno se observan cabalgamientos que coinciden en la vertical con fallas subverticales (Fig. 2). Otras evidencias se encuentran en los grabens del Canal de Alborán donde se observa que el bloque hundido se encuentra actualmente plegado formando una estructura convexa y presentando en profundidad, cerca del Mioceno, una zona altamente deformada por fallas y pliegues. Otros indicadores los

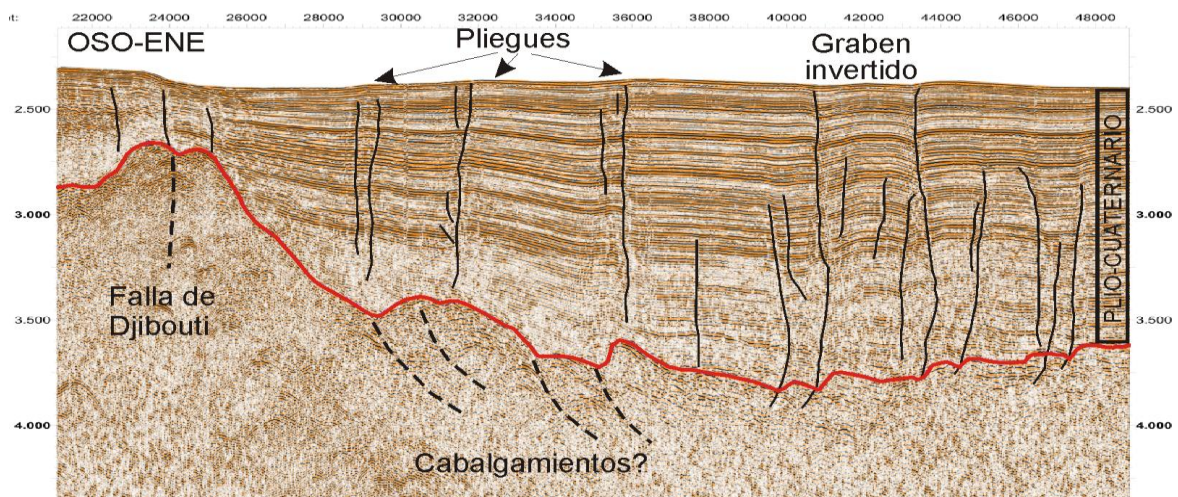


Figura 2: Perfil sísmico de cañones de aire comprimido de la zona este del Canal de Alborán ilustrando las estructuras tectónicas descritas en el texto. Escala vertical en milisegundos (tiempo doble). El horizonte rojo se corresponde con la base del Plio-Cuaternario. Escala horizontal en metros. Situación del perfil en la figura 1.

Figure 2: Airgun seismic profile of the eastern Alboran Channel showing the tectonic structures explained in text. Vertical scale in milliseconds (two-way travel time). Red horizon corresponds with the Plio-Quaternary base. Horizontal scale in meters. Profile location in figure 1.

encontramos en el contacto plegado de los depósitos Plio-Cuaternarios con la Dorsal de Adra y en el basculamiento de los mismos hacia el norte en el contacto con la Dorsal de Alborán en la zona central del Canal de Alborán, y al oeste de dicha dorsal (Martínez-García et al., 2013).

DISCUSIÓN

La interpretación de las estructuras descritas anteriormente, sugieren que la evolución tectónica reciente del extremo norte de la Dorsal de Alborán, durante el Cuaternario, está caracterizada por la existencia de dos fases de deformación. Una primera fase, caracterizada por el desarrollo de fallas de dirección de componente normal NO-SE, que afectan al Canal de Alborán y a la Dorsal de Adra, formando en algunos casos sistemas de grabens y semigrabens (Fig. 2) como los observados al oeste de la Dorsal de Adra por Martínez-García et al., (2013). La segunda fase de deformación se

caracteriza por una inversión tectónica de las fallas anteriores, por la formación de pliegues NO-SE en el Canal de Alborán, por el plegamiento de algunas de las estructuras previas y por el basculamiento de la serie Plio-Cuaternaria en el Canal de Alborán.

Estas dos fases se desarrollan en un contexto de convergencia WNW-ESE entre las placas africana y euroasiática. La primera fase se caracteriza por un régimen transtensivo continuación de la tectónica transcurrente Plio-Cuaternaria (Estrada et al., 1997; Martínez-García et al., 2013) y producida por el empuje hacia el norte del Bloque de la Dorsal de Alborán (Vegas et al., 2008), que favorece una progresiva reducción de la anchura del Canal de Alborán y un escape hacia las cuencas Este y Oeste de Alborán (Vegas, 1992; Maldonado et al., 1992). La segunda fase, de inversión tectónica, correspondería a un bloqueo del desplazamiento hacia el norte del bloque de la Dorsal de Alborán al colisionar con el bloque de la Dorsal de Adra y al consumirse el espacio del curso medio del Canal de

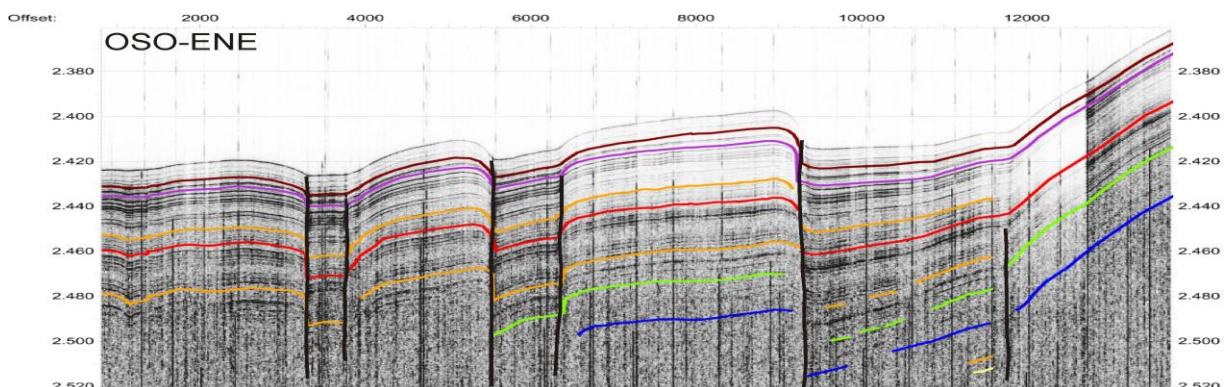


Figura 3: Perfil paramétrico de muy alta resolución mostrando un sistema de horst-graben en el extremo este del Canal de Alborán. Leyenda: los horizontes se corresponden con edades, marrón 20.590 a; morado 36.150a; naranja 124.060a; rojo 155.360a; naranja 269.000a; verde 269.000a; azul 429.000a. Escala horizontal en metros y vertical en milisegundos (tiempo doble). Situación del perfil en la figura 1.

Figure 3: Very high resolution parametric profile showing a horst-graben system in the easternmost Alboran Channel. Legend: horizons corresponds with ages, brown 20.590y; purple 36.150y; orange 124.060y; red 155.360y; orange 269.000y; green 269.000y; blue 429.000y. Horizontal scale in meters and vertical in milliseconds (two-way travel time) Profile location in figure 1.

Alborán. Como resultado, la deformación se reajustaría mediante la rotación de bloques tectónicos (Estrada et al., 1997), el basculamiento de los depósitos plio-cuaternarios, el plegamiento de las estructuras previas y la formación de fallas inversas. Así, el avance del bloque de la Dorsal de Alborán se desplaza del curso medio del Canal de Alborán hacia los extremos. En el extremo Este, el desplazamiento es absorbido por la falla de Yusuf y por las estructuras descritas en la presente comunicación, mientras que en la zona Oeste, más activa, el desplazamiento es canalizado a través de la falla sinistral de Al-Idrisi y genera el sistema de fallas NNE-SSO (Martínez-García et al., 2013), que desplaza a las fallas NO-SE.

Agradecimientos: El presente trabajo se enmarca dentro de los proyectos de investigación: MOWER (CTM2012-39599-C03-02), MONTERA (CTM2009-14157-C02-02) y Actions Margins Program. Los autores agradecen las constructivas contribuciones de J.I. Soto.

Referencias bibliográficas

- Bourgeois, J., Mauffret, A., Ammar, A. & Demnati, A. (1992). Multichannel Seismic Data Imaging of Inversion Tectonics of the Alboran Ridge (Western Mediterranean Sea). *Geo-Mar. Lett.*, 12, 117–122.
- Estrada, F., Ercilla, G. & Alonso, B. (1997). Pliocene-Quaternary tectonic-sedimentary evolution of the NE Alboran Sea (SW Mediterranean Sea). *Tectonophysics*, 282, 423–442.
- Comas, M. C., Platt, J. P., Soto, J. I. & Watts, A. B. (1999): The origin and tectonic history of the Alboran Basin: Insights from Leg 161 results. En: R. Zahn, M.C. Comas and A. Klaus (Eds). *Proc. ODP. Sci. Results*. 161: 555-580. doi:10.2973/odp.proc.sr.161.262.199
- Martínez-García, P., Soto, J.I. & Comas, M. (2011). Recent structures in the Alboran Ridge and Yusuf fault zones based on swath bathymetry and sub-bottom profiling: evidence of active tectonics. *Geo-Mar. Lett.*, 31, 16–39. doi:10.1007/s00367-010-0212-0.
- Martínez-García, P., Comas, M., Soto, J.I., Lonergan, L. & Watts, A.B. (2013). Strike-slip tectonics and basin inversion in the WesternMediterranean: the Post-Messinian evolution of the Alboran Sea. *Basin Research* (2013) 25, 1–27, doi: 10.1111/bre.12005.
- Vegas, R. (1992) Sobre el tipo de deformación distribuida en el contacto entre África y la Península Ibérica. *Física de la Tierra*, 4: 41-56.
- Vegas, R., Medialdea, T. & Vázquez, J.T. (2008) Sobre la naturaleza del límite de placas actual entre la Península Ibérica y el norte de África. *Geo-Temas*, 10 (SP1010: 1535-1538).
- Woodside, J.M. & Maldonado, A. (1992). Styles of compressional neotectonics in the Eastern Alboran Sea. *Geo-Mar. Lett.*, 12, 111–116.